

OPTICAL SIGNAL REPRODUCING DEVICE

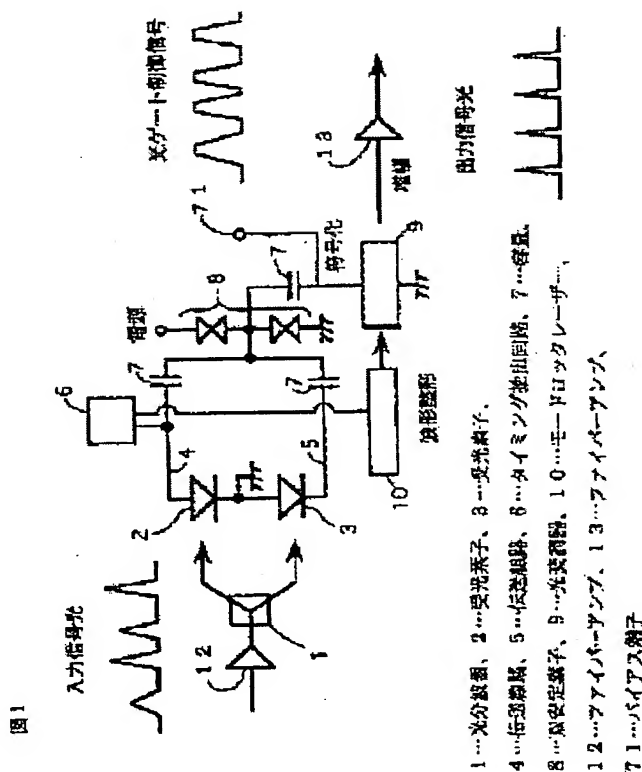
Patent number: JP2001168806
 Publication date: 2001-06-22
 Inventor: ITO HIROSHI; KODAMA SATOSHI; ISHIBASHI TADAO
 Applicant: NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
 Classification:
 - international: H04B10/17; H04B10/16
 - european:
 Application number: JP19990345972 19991206
 Priority number(s):

Report a data error here

Abstract of JP2001168806

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high-speed optical signal reproducing device having a configuration simpler than that of conventional technology.

SOLUTION: The optical signal reproducing device is characterized by the configuration, where an optical branching filter 1 divides a received signal light into two, light-receiving elements 2, 3 respectively receive the signals, a bistable element 8 receives the signals with an opposite sign to each other from the light-receiving elements 2, 3 via electrical signal transmission lines 4, 5 whose electric lengths differ, and an optical modulation element 9, operated according to an output of the bistable element 8 and brought into an optical transmission state only for a time after the bistable element 8 receives the signal via the transmission line (4 or 5) with a short electric length until the bistable element 8 receives the signal via the transmission line (5 or 4) with a long electric length, modulates an output light from a mode-locked laser 10 lighted according to a timing signal extracted from the output signal of the light-receiving element 2 by a timing extract circuit 6.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-168806

(P 2 0 0 1 - 1 6 8 8 0 6 A)

(43) 公開日 平成13年6月22日 (2001. 6. 22)

(51) Int. Cl. ⁷

H04B 10/17

10/16

識別記号

F I

H04B 9/00

「テマコード」 (参考)

J 5K002

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全9頁)

(21) 出願番号 特願平11-345972

(22) 出願日 平成11年12月6日 (1999. 12. 6)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 伊藤 弘

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 児玉 聡

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100075753

弁理士 和泉 良彦 (外2名)

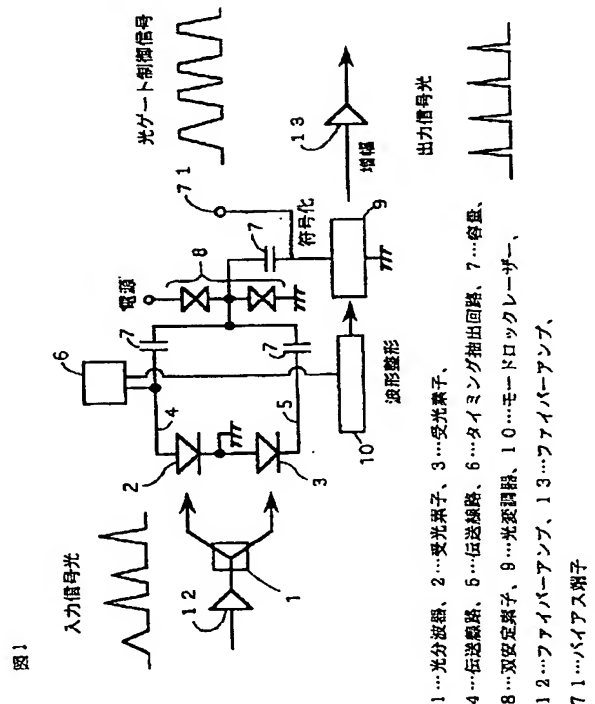
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光信号再生装置

(57) 【要約】

【課題】 従来技術と比較して、より簡単な構成の高速光信号再生装置を提供すること。

【解決手段】 入力信号光を光分波器1によって2分割し、それぞれを受光素子2及び3で受光し、受光素子2、3からの相互に逆符号の信号を電気長の異なる電気信号伝送線路4、5を介して双安定素子8に入力し、双安定素子8の出力に従って作動する光変調素子9が、双安定素子8に短い電気長の伝送線路(2又は3)を介して信号が入力されてから長い電気長の伝送線路(3又は2)を介して信号が入力されるまでの間だけ光透過の状態になるようにし、受光素子2の出力信号からタイミング抽出回路6によって抽出されたタイミング信号に従って発光するモードロックレーザー10からの出力光を光変調素子9で変調する構成としたことを特徴とする光信号再生装置を構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】入力信号光を少なくとも 2 つの分割入力信号光に分割する光分波器と、前記 2 つの分割入力信号光をそれぞれ個別に受光する 2 つの受光素子と、前記 2 つの受光素子がそれぞれ個別に出力する相互に逆符号の 2 つの電気信号をそれぞれ個別に伝送する電気長の異なる 2 つの伝送線路と、前記両伝送線路の終端に接続する 1 つの 2 値双安定素子と、前記双安定素子の出力によって作動する光変調素子と、前記入力信号光あるいは分割入力信号光からタイミング信号を抽出する手段と、前記タイミング信号によりパルス出力周期が同期されかつ前記光変調素子でその出力光が変調されるように構成されたモードロックレーザーとから少なくともなり、前記相互に逆符号の 2 つの電気信号のパルスがそれぞれ個別に前記伝送線路を伝搬して前記双安定素子へ到達する順序が、前記双安定素子に正電圧を入力したときに前記光変調素子が光透過状態になるように各素子の極性を構成した場合には正電圧パルスが先に到達する順序となり、前記双安定素子に負電圧を入力したときに前記光変調素子が光透過状態になるように各素子の極性を構成した場合には負電圧パルスが先に到達する順序となるように、前記各伝送線路の電気長を構成したことを特徴とする光信号再生装置。

【請求項 2】少なくとも 1 方の前記伝送線路中に、信号伝搬遅延時間を外部信号により制御することができる遅延回路を設けたことを特徴とする請求項 1 記載の光信号再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高速な入力光パルス信号をタイミング抽出、波形整形、増幅し、光パルス信号として再送出するための光信号再生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】デジタル光通信で用いられる中継器では、信号を受信し、タイミング抽出、波形整形、増幅し、光信号として再送する機能が必要である。

【0003】前記機能を実現するための従来の光信号再生装置の例としては、図 8 に示すように、入力信号光をフォトダイオード 41 で電気信号に変換し、電子回路 42 で電気的にタイミング抽出、波形整形、増幅を行った後、その電子回路の出力によってレーザーダイオード 43 を駆動して、出力信号光を再送するという構成がとられていた。このような構成では、装置全体の動作速度は、各構成要素素子の動作速度限界のうち最も低速なもので制限されることになる。具体的には、レーザーダイオード 43 の変調速度限界が全体の動作速度を制限してしまう場合が多く、このため、概ね 10 Gb/s 程度の速度が限界であった。

【0004】上記の限界を高めるために、図 9 に示すよ

うな構成も用いられている。ここでは、速度制限となる出力用レーザーダイオード 43 に代え、より高速な動作が可能な光変調器 51 を用い、それによって、レーザーダイオードもしくはモードロックレーザー 52 の、それぞれ、一定強度の光もしくは連続パルス光を変調することにより、光信号を発生させる方法である。この方法により、概ね 40 Gb/s 程度までの高速化が実現されている。しかし、光変調部の素子動作速度がこの程度まで改善されると、今度は電子回路の速度制限が問題となってくる。高速動作が特徴である化合物半導体電子回路を用いた場合でも、その動作速度限界は概ね 40 Gb/s 程度が限界であるため、これ以上の高速化を図るためには、電子回路を排した新規な構成を採用する必要がある。

【0005】近年、エルビウムドープファイバーアンプ (Erbium-Doped Fiber Amplifier: EDFA) に代表されるファイバーアンプや、高速性と高出力特性を併せ持つフォトダイオードである単一走行キャリアフォトダイオード (Uni-Traveling-Carrier Photodiode: UTC-PD、特開 9-275224 号公報参照) 等の素子/装置技術の進展により、従来の速度限界を上回る高速な光信号再生装置の構成が可能となってきた。

【0006】そのような光信号再生装置の構成例を図 10 に示す。光ファイバーを伝搬してきた入力信号光は第 1 のファイバーアンプ 61 (たとえば EDFA) で増幅され、第 1 の受光素子 62 (この場合、UTC-PD) に入射し、電気信号に変換される。次に、この電気信号で第 1 の光変調器 63 (この場合、電界吸収型光変調器 (Electro Absorption Modulator: EAM)) を駆動する。UTC-PD は高速性を維持したまま 5 V 以上の高電圧出力が可能であり、一方 EAM は 3 V 程度の低駆動電圧で高速な変調動作が可能という特徴を有しているため、図 10 に示すような直結型の構成が可能となる。ここで、第 1 の光変調器 63 は、電気信号入力によりゲートが閉じる (光を透過しなくなる) ように構成しておく。これにより、レーザーダイオード 64 からの光が第 1 の光変調器 63 によって変調されて、光変調器 63 の出力信号光となり、その時間的強度変化は、図 10 の「光ゲート制御信号」に示すように入力信号を反転し、パルス幅を広げたような形になる。パルス幅が広がるのは、一定電圧以上の入力に対し第 1 の光変調器 63 は常にオフ (ゲートが閉じた状態) となるためである。

【0007】光変調器 63 の出力信号光は第 2 のファイバーアンプ 66 (たとえば EDFA) で再度増幅され、第 2 の受光素子 67 (この場合、UTC-PD) に入射し、電気信号に変換される。次に、前記と同様に、この電気信号で第 2 の光変調器 68 (この場合、EAM) を直接駆動する。ここで、第 2 の光変調器 68 は、電気信号入力によりゲートが閉じる (光を透過しなくなる) ように構成しておく。これにより、第 2 の光変調器 68

は、入力信号光に対応したタイミングで、一定の時間幅を有する光ゲートを開けることになる。この第2の光変調器68へ、タイミング抽出回路65を用いて入力光信号と同期させたモードロックレーザー69の連続パルス光を入射させ、この第2の光変調器68で変調することにより、最終的に波形整形、符号化が行われる。第2の光変調器68を透過した光は第3のファイバーアンプ70（たとえばEDFA）で増幅され、出力信号光として送出される。

【0008】このように複雑な構成が必要となる理由は以下の通りである。例えば、図10の2段目の光-電気-光変換を省略し、レーザーダイオード64に代えてモードロックレーザー（ML-LD）を用い、その連続パルス光を第1の光変調器63で直接変調する構成では、図11の「A. 光ゲート幅が狭い場合」に示すようにゲート幅が狭いので、ゲート制御信号とML-LD出力信号のタイミングずれによるパルスの遅りが生じてしまい、符号化に誤りが生じてしまうからである。これに対し、図10の構成を用いれば、第1の光変調器63の出力信号に一定の時間幅を持たせることができ、この幅を適切に設定しておくことにより、図11の「B. 光ゲート幅が広い場合」に示すように、入力光信号の各パルスに時間間隔のずれが生じていた場合でも、第1の光変調器63により、前記時間ずれを許容するのに必要な時間幅を有する光ゲートを開けさせることが可能となり、モードロックレーザー69の連続パルスを誤り無く符号化することができる。

【0009】図10の構成では、各要素素子の動作速度限界は概ね100GHz以上と電子回路に比べ充分高いので、従来よりも高速な光信号再生装置の構成が可能となる。

【0010】なお、タイミング抽出回路に関しては種々の構成が公知であるが、サブハーモニック（ $1/n$ ）周波数を用いて同期を取る方法などを採用することにより、このタイミング抽出回路が本装置における速度制限の要因とはならないようにすることが可能である。

【0011】以上のように、図10の構成を用いることにより、光信号再生装置を概ね100Gb/s程度まで高速化することが可能となる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図10のような構成では、上記のように、構成が複雑であって、素子数が増大することになり、それに加えて、光-電気変換を4回行う必要があるため、特に光学系の構成が複雑になるという問題点や、寸法増大、コスト上昇という問題点があった。

【0013】本発明の課題は、上述の従来技術における問題点を解消するものであって、より簡単な構成の高速光信号再生装置を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明では、請求項1に記載したように、入力信号光を少なくとも2つの分割入力信号光に分割する光分波器と、前記2つの分割入力信号光をそれぞれ個別に受光する2つの受光素子と、前記2つの受光素子がそれぞれ個別に出力する相互に逆符号の2つの電気信号をそれぞれ個別に伝送する電気長の異なる2つの伝送線路と、前記両伝送線路の終端に接続する1つの2値双安定素子と、前記双安定素子の出力によって作動する光変調素子と、前記入力信号光あるいは分割入力信号光からタイミング信号を抽出する手段と、前記タイミング信号によりパルス出力周期が同期されかつ前記光変調素子でその出力光が変調されるように構成されたモードロックレーザーとから少なくともなり、前記相互に逆符号の2つの電気信号のパルスがそれぞれ個別に前記伝送線路を伝搬して前記双安定素子へ到達する順序が、前記双安定素子に正電圧を入力したときに前記光変調素子が光透過状態になるように各素子の極性を構成した場合には正電圧パルスが先に到達する順序となり、前記双安定素子に負電圧を入力したときに前記光変調素子が光透過状態になるように各素子の極性を構成した場合には負電圧パルスが先に到達する順序となるように、前記各伝送線路の電気長を構成したことを特徴とする光信号再生装置を構成する。

【0015】また、本発明では、請求項2に記載したように、少なくとも1方の前記伝送線路中に、信号伝搬遅延時間を外部信号により制御することができる遅延回路を設けたことを特徴とする請求項1記載の光信号再生装置を構成する。

【0016】このような構成にすることにより、簡単な構成で、しかも光-電気変換を従来の半分である2回行うだけで、高速な光信号再生機能を実現することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、実施の形態について図面を参照して説明する。

【0018】図1は本発明の第1の実施の形態である光信号再生装置の構成を示す図である。図中、1は、ファイバーアンプ12（この場合、エルビウムドープファイバーアンプ）で増幅された入力信号光を等分割して、2つの分割入力信号光とする光分波器であり、2及び3は、前記2つの分割入力信号光をそれぞれ受光する受光素子である。これらの受光素子2、3としては、単一走行キャリアフォトダイオードが用いられている。4、5はそれぞれ受光素子2、3の出力導体に接続された伝送線路である。6は、後述のモードロックレーザー10が光パルスを発するタイミングを決めるタイミング信号を受光素子2の出力信号から抽出するタイミング抽出回路であり、この場合には、分割入力信号光からタイミング信号を抽出する手段は受光素子2とタイミング抽出回路

とから構成されている。7は電気信号中の直流成分を遮断するための容量である。8は、伝送線路4及び5の終端に接続する2値双安定素子であり、前記終端に到達した受光素子2、3の出力電気信号に従って作動する。双安定素子8は、本実施の形態においては、2つの共鳴トンネルダイオード (Resonant Tunneling Diode: RTD) を直列接続することによって構成されている。9は双安定素子8の出力によって作動する光変調器であり、本実施の形態においては、半導体多重量子井戸を用いた電界吸収型光変調器 (Electro Absorption Modulator: EAM) である。71はEAMにバイアスを印加するためのバイアス端子である。10はタイミング抽出回路6の出力信号 (タイミング信号) に従って光パルスを発生するモードロックレーザー (ML-LD) である。モードロックレーザー10は、その出力光が光変調器9で変調されるように構成されている。ここで、伝送線路4及び5は、物理長、構造、材料などを適宜選定することでその電気長が異なるように構成されており、かつ、伝送線路4は受光素子2のp型電極 (正極) に接続され、伝送線路5は受光素子3のn型電極 (負極) に接続されている。

【0019】次に、本発明の装置の動作について述べる。ファイバーを伝搬してきた入力信号光は、ファイバーアンプ12で増幅され、光分波器1で等分割された後、受光素子2及び3に入射する。伝送線路4及び5は受光素子2及び3の異なる極性の電極に接続されているため、各受光素子に等価な信号光が入射した場合、相互に逆符号の2つの電気信号が伝送線路4、5をそれぞれ個別に伝搬する。すなわち、正電圧信号が伝送線路4を伝搬し、負電圧信号が伝送線路5を伝搬する。入力信号光がパルス状であることに対応して、伝送線路4、5を伝搬する電気信号もパルス状である。また、伝送線路4及び5の電気長が相異なっているため、各電気信号のパルスは一定の時間差を置いて双安定素子8へ到達しパルス入力となる。ここで、パルスが双安定素子8へ到達する順序が、双安定素子に正電圧を入力したときに光ゲートが開く (すなわち光変調器9が光透過状態となる) ように各素子の極性を構成した場合には正電圧パルスが先に到達する順序となり、双安定素子に負電圧を入力したときに光ゲートが開くように各素子の極性を構成した場合には負電圧パルスが先に到達する順序となるように、各々の伝送線路4、5の電気長を構成する。

【0020】双安定素子8の基本動作特性は、図3に示す通り、2つの安定点を有し、図4に示すようなタイミングで入力信号に対し出力信号を変化させる。従って、最初にLOW状態 (出力電圧が低い状態) としておけば、正電圧パルス入力でLOW状態からHIGH状態 (出力電圧が高い状態) に転移し、次の負電圧パルス入力でHIGH状態からLOW状態に転移する。負電圧パルスが先に到達する構成においては、電源は負電圧電源

であり、双安定素子8は負電圧パルス入力でHIGH状態 (出力電圧の絶対値が高い状態) となり、正電圧パルス入力でLOW状態 (出力電圧の絶対値が低い状態) に転移する。このように、伝送線路4及び5の電気長差を予め所望の値に設定しておくことによって、パルス到達の時間差を所望の値に設定することができる。このような構成においては、単一の光パルス入力により、双安定素子8からの電気出力を、図1の「光ゲート制御信号」に示すような台形状のものとすることができる。

10 【0021】ここで、光変調器9は、HIGH状態にある双安定素子8の出力が入力されたときにゲートが開く (光を透過させる) ように構成しておく。これにより、光変調器9は、入力信号光に対応した時間タイミングで、一定の時間幅 (これはパルス到達の時間差に対応する) を有する光ゲートを開けることになる。従って、図10に示した従来例の構成における動作と同様に、本実施の形態において、入力光信号の各パルスに時間間隔のずれが生じていた場合でも、光変調器9で一定の余裕の時間幅を有する光ゲートが開くので、モードロックレーザー10の連続パルスを誤り無く符号化することができる。なお、図1及び図10においては、連続する「1」信号の場合を例示している。

【0022】最後に、ファイバーアンプ13 (この場合、EDFA) を用いて光信号を増幅し、出力信号光として送出する。

30 【0023】共鳴トンネルダイオードの動作速度は一般に極めて高速であることが知られており、図1の構成を用いることにより、図10に示した従来例の構成と同様に、概ね100Gb/s程度までの高速な光信号再生装置の構成が可能となる。なお、タイミング抽出回路6に関しても、図10に示した従来例の構成と同様に、サブハーモニック周波数を用いて同期を取る方法などを採用することにより、タイミングを抽出する手段が速度制限の要因とならないようにすることができる。

40 【0024】図2は本発明の第2の実施の形態であって、前記第1の実施の形態で示した構成との違いは、伝送線路5中に、伝送線路5の一部分として遅延回路11を設けたことである。この遅延回路11の信号伝搬遅延時間は外部信号で制御するように構成している。このような構成とすることにより、伝送線路5の電気長を外部信号で制御することができ、伝送線路4及び5を伝搬する信号間の位相を任意の量だけずらすことができる。従って、光変調器9により開ける光ゲートの時間幅を任意の時間に制御することができる。前記遅延回路11としては、例えば電界で誘電率が変化する材料を線路基板の一部として用いる構成が公知であり、これらを用いることもできるし、他の公知の回路で構成しても良い。

50 【0025】実施の形態1及び2に示した構成を実現するにあたり、半導体技術を有効に利用したモノリシック化プロセスを適用するのが好適である。例えば、図5に

示すツイン型受光素子（特願平 11-79350 号の明細書に記載）を用いれば、図 1 もしくは図 2 の構成において、光分波器 1 と受光素子 2 及び 3 の機能を単一の素子で置き換えることが可能である。すなわち、図 5 において、入力信号光は、半導体基板 21 裏面から、反射防止膜 22 を透過して入射し、V 溝反射鏡からなる光分波器 1a で等分割され、2 つの分割入力信号光となり、それぞれ受光素子 2、3（この場合、UTC-PD）へ入射する。図からわかるように、これらの要素素子は、通常の半導体プロセスによりモノリシック集積化されている。

【0026】さらに、他の要素素子（コプレーナ導波路等の伝送線路、遅延回路、RTD、タイミング抽出回路、EAM、ML-LD）についても、半導体プロセスによりモノリシック集積化することが可能である。例えば、図 6 に示す構成例は、裏面入射型 PD としてツイン型受光素子を用いた場合であって、光分波器 1a、受光素子 2、3、伝送線路 4、5、遅延回路 11、双安定素子 8、光変調器 9 がモノリシック集積化されている。

【0027】図 7 は、端面入射型フォトダイオードを受光素子 2、3 として用いた場合の例であって、半導体光導波路 31、光分波器 16（この場合、3dB 分波器）、受光素子 2、3、伝送線路 4、5、遅延回路 11、双安定素子 8（この場合、RTD）、光変調器 9 がモノリシック集積化されている。この考え方をさらに押し進めれば、全ての要素素子をモノリシック集積化することも可能である。どこまでの集積化が最適であるかは、モノリシック化プロセスの難易度とモノリシック化することにより得られる効果とのトレードオフで決まるので、それぞれの場合について適宜判断すれば良い。このように、本発明の構成では、従来の構成とは異なり、構成要素素子の一部分、もしくは全体をモノリシック集積化することが容易もしくは可能であり、装置の小型化、低消費電力化、低コスト化等が可能となる。

【0028】上述の各実施の形態では、光変調器として、電界吸収型光変調器を例示したが、LiNbO₃ を用いた光変調器であっても良いし、他の公知の光変調器であっても良い。

【0029】また、上述の各実施の形態では、2 分割後の分割入力信号光の 1 つからタイミング信号を抽出しているが、2 分割前の入力信号光の一部を分岐させ、その分岐入力信号光からタイミング信号を抽出してもよい。また、入力信号光を光分波器によって 3 つの分割入力信号光に分割し、そのうちの 1 つからタイミング信号のみを抽出する構成としてもよい。

【0030】双安定素子に関しては、直列接続された共鳴トンネルダイオードの例を示したが、トンネルダイオード等の他の高速な素子を用いた双安定素子であっても良い。また、前後の EDFA は必要な光信号強度に応じて用いており、入力信号光強度、あるいは ML-LD の

出力信号光強度が十分に高い場合は、目的に応じて EDFA を省略することもできる。

【0031】さらに、電気信号の反射等を抑制する目的で、サーキュレーターや終端抵抗等の公知のマイクロ波、ミリ波技術を適宜採用することができる。

【0032】なお、従来技術及び実施の形態に於いて、図面が煩雑になるのを避けるために電気的な接続の記載を簡略化して記載しているが、各接続点における電気信号の反射等を抑制する目的で、サーキュレーターや終端抵抗等の公知のマイクロ波、ミリ波技術を適宜採用することができる。また、直流バイアス回路等の通常一般的に素子を動作させるのに必要な部分についても、図面が煩雑になるのをさけるために記載を省略している。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の構成を採用することにより、従来よりも簡単な構成で、高速な光信号のタイミング抽出、波形整形、及び増幅機能を有する光信号再生装置を実現することができるという効果がある。また、信号伝搬遅延時間を外部信号により制御することができる遅延回路を採用することにより、光ゲート幅を外部信号によって任意の広さに制御することができ、光信号再生装置の最適な動作状態への調整を装置製作後に可能にするという効果がある。さらに、本発明の構成は、従来技術に比べ要素素子のモノリシック集積化が容易であるという利点も有する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の光信号再生装置の構成例を示す図である。

【図 2】本発明の光信号再生装置の構成例を示す図である。

【図 3】直列共鳴トンネルダイオードで構成した双安定素子の電流電圧特性を示す図である。

【図 4】双安定素子の動作シーケンスを示す図である。

【図 5】ツイン型受光素子の断面図である。

【図 6】ツイン型受光素子を用いた場合の部分的モノリシック化例を示す図である。

【図 7】端面入射型受光素子を用いた場合の部分的モノリシック化例を示す図である。

【図 8】従来の光信号再生装置の構成を示す図である。

【図 9】従来の光信号再生装置の構成を示す図である。

【図 10】従来の光信号再生装置の構成を示す図である。

【図 11】各信号間の関係を示す図である。

【符号の説明】

1…光分波器、1a…光分波器、2…受光素子、3…受光素子、4…伝送線路、5…伝送線路、6…タイミング抽出回路、7…容量、8…双安定素子、9…光変調器、10…モードロックレーザー、11…信号遅延回路、12…ファイバーアンプ、13…ファイバーアンプ、16…光分波器、21…半導体基板、22…反射防止膜、3

出回路、６６…第２のファイバーアンプ、６７…第２の受光素子、６８…第２の光変調器、６９…モードロックレーザー、７０…第３のファイバーアンプ、７１…パイアス端子。

【图 1】

出力信号光

【圖 2】

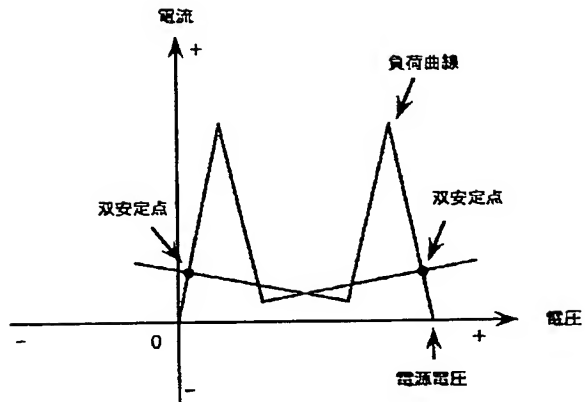
【図 5】

Figure 1 is a schematic diagram of a light detection device. It shows a cross-section of a substrate with a central V-shaped groove (1a) and two side regions (2 and 3). An incident light beam (入射光) enters from the bottom, passing through a layer (21) and reflecting off the bottom of the groove (1a) and the side regions (2 and 3). The reflected light is collected by a layer (22) on the right side.

1 a...光分波器、2 1...半導體基板、2 2...反射防止膜

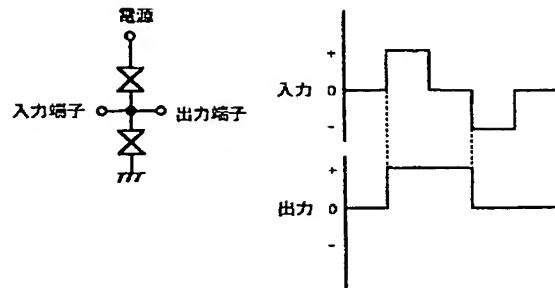
【図 3】

図 3



【図 4】

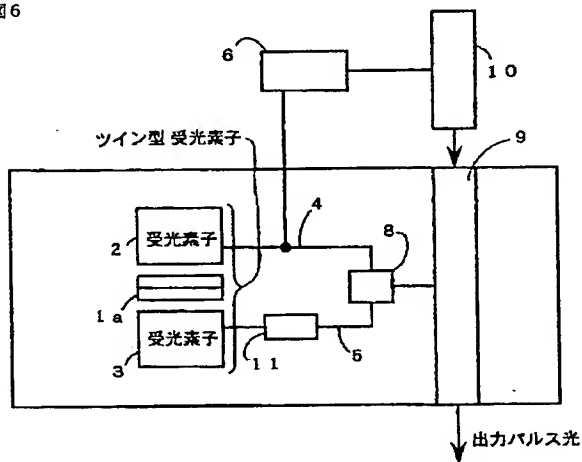
図 4



【図 8】

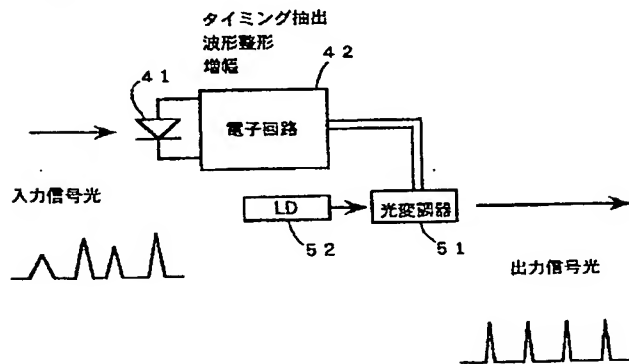
【図 6】

図 6



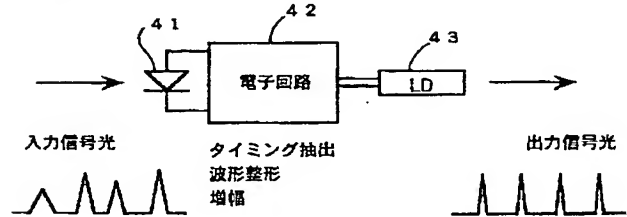
【図 9】

図 9



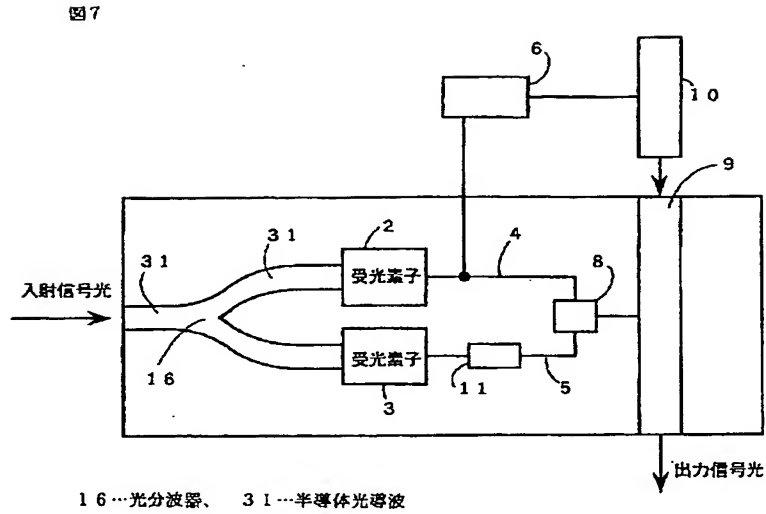
4 1…フォトダイオード、4 2…電子回路、
5 1…光変調器、5 2…モードロックレーザー

図 8

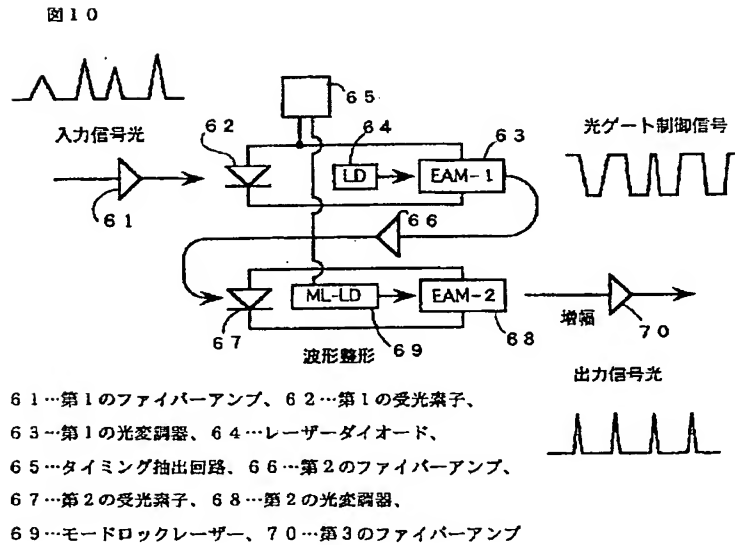


4 1…フォトダイオード、4 2…電子回路、4 3…レーザーダイオード

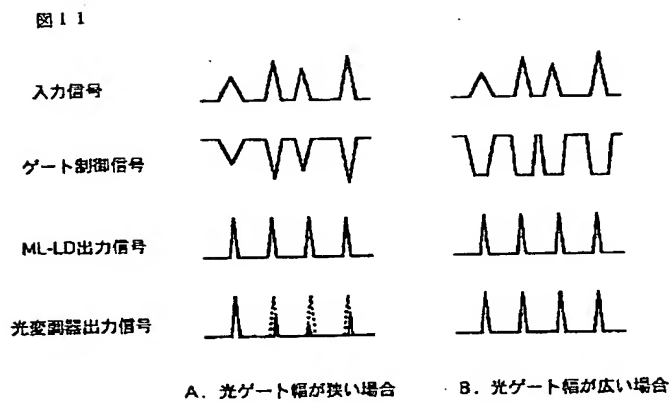
【図 7】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 石橋 忠夫
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 5K002 AA06 BA07 BA13 CA13 CA16
DA07 FA01